

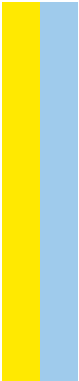
Efeito combinado da temperatura e da proteína na performance de crescimento de juvenis de corvina (*Argyrosomus regius*)

Sara Bento de Sousa

M
2017



Efeito combinado da temperatura e da proteína na performance de crescimento de juvenis de corvina (*Argyrosomus regius*)
Sara Bento de Sousa



SARA BENTO DE SOUSA

**EFEITO COMBINADO DA TEMPERATURA E DA PROTEÍNA NA
PERFORMANCE DE CRESCIMENTO DE JUVENIS DE CORVINA
(*Argyrosomus regius*)**

Dissertação de Candidatura ao grau
de Mestre em Ciências do Mar –
Recursos Marinhos submetida ao
Instituto de Ciências Biomédicas
Abel Salazar da Universidade do
Porto.

Orientador – Doutor Pedro Pousão
Ferreira

Categoria – Investigador auxiliar

Afiliação – Estação Piloto de
Piscicultura de Olhão.

Co - Orientador – Doutora Rita
Cabrita

Categoria – Professora auxiliar

Afiliação – Instituto de Ciências
Biomédicas Abel Salazar da
Universidade do Porto.

Esta página foi propositadamente deixada em branco

Agradecimentos

Este trabalho não seria possível sem a ajuda do seguinte grupo de pessoas, a quem estou profundamente grata:

- Ao meu orientador externo, Doutor Pedro Pousão (IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera, I.P.), por me ter recebido tão bem em Olhão, por me ter mostrado um mundo fantástico de produção conjugado com investigação e por me ter acompanhado durante todo o meu percurso na EPPO – Estação Piloto de Piscicultura de Olhão;
- À minha incansável orientadora interna, Doutora Rita Cabrita, por ter acompanhado de forma tão próxima todo o trabalho realizado no Porto, por todo o trabalho e tempo infinito que despendeu para me ajudar e sem a qual não seria possível a realização deste trabalho;
- Ao laboratório de Ciência Animal, ICBAS, por me ter, tão gentilmente, aceite como estagiária;
- Ao Doutor Jorge Dias e à SPAROS, Lda. pelo fornecimento das dietas utilizadas neste ensaio;
- À Marisa Barata, porque me ensinou tudo o que podia, porque se comprometeu a 100% para me ajudar durante todo o ensaio de crescimento e porque foi sempre incansável;
- A todos os elementos da EPPO por me fazerem sentir em casa, por me terem acolhido e por serem o grupo de trabalho que são: um especial agradecimento à Doutora Laura Ribeiro, por toda a ajuda;
- À Doutora Margarida Maia, por todo o trabalho que faz, por toda a ajuda que me deu e por ser incansável a resolver todos os problemas do laboratório;
- À Sílvia, porque esteve sempre lá para ajudar em tudo e porque é a melhor profissional, na sua área, que já conheci;
- À Doutora Luísa Valente, por ter, gentilmente, cedido o acesso ao LANUCE;
- À Paula e à Lurdes, porque ser mãe de estranhos não é para qualquer um;
- À D. Lurdes, porque não podia ter tido mais sorte na senhoria que se tornou família;
- Ao Rui, por ser o melhor companheiro de ensaio e de casa que podia ter e pela amizade que construímos;
- Ao Ivo, por ser um amigo e um compincha infinitos e porque sempre esteve lá para mim;
- A todos os meus colegas de mestrado: Sabrina, Vanessa, Carlota, Tiago, João e José, porque os melhores momentos, ao longo destes dois anos, foram ao vosso lado;
- Aos meus pais e aos meus avós, por tudo;
- A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, tornaram este trabalho possível.

Esta página foi propositadamente deixada em branco

Resumo

A produção de corvina, *Argyrosomus regius*, tem sido fomentada como medida de diversificação do mercado na bacia mediterrânea, dominado por espécies como robalo (*Dicentrarchus labrax*) e dourada (*Sparus aurata*). Os pontos fortes de *A. regius*, do ponto de vista da produção, incluem o ciclo de vida fechado, a boa adaptação a cativeiro, o rápido crescimento, o elevado valor comercial e a boa taxa de conversão alimentar. O desenvolvimento da sua produção, a nível industrial, requer mais conhecimentos sobre a própria espécie e sobre as condições de produção que simultaneamente permitam otimizar o seu crescimento e a rentabilidade económica das unidades de produção.

Representando a alimentação uma enorme fatia dos custos de produção, em particular as fontes proteicas, este trabalho teve como objetivo avaliar a combinação entre a temperatura da água e o teor em proteína da dieta no crescimento e eficiência de utilização da dieta em juvenis de corvina. Nesse sentido, foram formuladas duas dietas isolipídicas com diferente teor em proteína fornecidas a juvenis alojados a diferente temperatura de água, totalizando quatro tratamentos experimentais: temperatura da água de 20 °C (LT) e dieta com 45% de proteína (LP; LTLP); temperatura da água de 24 °C (HT) com dieta LP (HTLP); LT com dieta com 57% de proteína (HP; LTHP); e HT com dieta HP (HTHP). Um total de 1056 juvenis (peso vivo inicial de 56 g \pm 1,3) de corvina foram aleatoriamente distribuídos por 12 tanques e cada tratamento foi aplicado a 3 tanques. A alimentação foi fornecida *ad libitum* três vezes ao dia, durante 90 dias.

O peso vivo final, o índice de crescimento diário (DGI), a taxa de crescimento específico (SGR) e o rácio de eficiência proteica (PER) foram significativamente superiores com o tratamento HPHT. O aumento da temperatura da água de 20 °C para 24 °C promoveu a ingestão de alimento. A retenção (% alimento ingerido) de proteína aumentou com o aumento da temperatura da água. Registou-se uma tendência para que o aumento da proteína da dieta promovesse a retenção de proteína apenas em situações de temperatura da água superior, não sendo a retenção afetada quando a temperatura é inferior. A retenção de lípidos foi significativamente inferior com menor temperatura da água e maior teor em proteína da dieta (LTHP). O teor em lípidos totais do fígado não foi afetado pelos parâmetros em estudo, contrariamente ao observado no músculo, cujo teor em lípidos foi significativamente afetado pela interação entre a temperatura e a proteína. O aumento da temperatura da água com dieta com menor teor em proteína diminuiu a percentagem de lípidos no músculo.

Os resultados deste trabalho mostraram que o crescimento e a eficiência alimentar foram máximos com a combinação entre elevada proteína na dieta (57%) e elevada temperatura da

água (24 °C). O aumento da temperatura da água melhorou o crescimento e a eficiência da utilização da dieta nos juvenis, tendo, ainda, diminuído a percentagem de lípidos no músculo.

Palavras-chave: *Argyrosomus regius*; crescimento; eficiência alimentar; proteína; temperatura.

Abstract

The production of meagre, *Argyrosomus regius*, has been promoted to contribute for a greater market diversification of the Mediterranean basin, saturated with species such as sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and sea bream (*Sparus aurata*). From a production point of view, this species has a known life cycle, good adaptation to captivity, rapid growth, high commercial value and good feed conversion ratio. The development of its production at industrial level requires more knowledge about the species itself and about production conditions that simultaneously allow growth optimization and economic profitability of the production units.

Feeding, especially protein sources, represents a significant share of production costs. Therefore, the present study aimed evaluate the effects of the relationship between water temperature and dietary protein level in the growth and diet efficiency use in meagre juveniles. For that purpose, two isolipidic diets with different protein content were formulated to juveniles housed at different water temperatures, totalizing four experimental treatments: water temperature at 20 °C (LT) and diet with 45% protein (LP; LTLP); water temperature at 24 °C (HT) and diet LP (HTLP); LT and 57% protein (HP; LTHP); and HT and diet HP (HTHP). A total of 1056 meagre juvenile (initial live weight 56 g \pm 1.3) were randomly distributed through 12 tanks, with each treatment being allocated to three tanks. Fish were fed *ad libitum* three times a day for 90 days.

Final body weight, daily growth index (DGI), specific growth rate (SGR) and protein efficiency ratio (PER) were significantly higher with HTHP treatment. Increase of water temperature from 20 °C to 24 °C promoted feed intake. Retention (% ingested) of protein increased with increasing water temperature, with a tendency to increase with dietary protein only at higher water temperature situations. Lipid retention was significantly lower with lower water temperature and higher dietary protein (LTHP). The total lipid content of the liver was not affected by the studied parameters, contrary to the lipid content of muscle that was significantly affected by the interaction between water temperature and dietary protein level. Increasing water temperature with a low protein diet decreased the percentage of lipids in the muscle.

The results of this work showed that growth and feed efficiency were highest with the combination of high dietary protein (57%) and high water temperature (24 °C). Increase in water temperature increased growth and feed efficiency on juveniles, and even decreased percentage of lipids in the muscle.

Keywords: *Argyrosomus regius*; growth; feed efficiency; protein; temperature.

Esta página foi propositadamente deixada em branco

Índice

1. Introdução	1
1.1. Panorama da Aquacultura.....	1
1.2. Aquacultura de corvina	2
1.2.1. Corvina.....	2
1.2.2. Produção.....	4
1.3. Nutrição em aquacultura.....	6
1.3.1 Proteína.....	7
1.3.2. O fator temperatura.....	9
1.4. Objetivos	10
2. Material e Métodos	11
2.1. Dietas experimentais.....	11
2.2. Ensaio de crescimento.....	13
2.2.1. Amostragem	14
2.1.2. Medições.....	15
2.1.3. Alimento ingerido.....	15
2.3. Análises químicas.....	16
2.3.1. Preparação das amostras para posterior análise.....	16
2.3.2. Composição proximal	16
2.4. Cálculos.....	17
2.5. Análise estatística.....	18
3. Resultados	19
3.1. Composição das dietas.....	19
3.2. Crescimento e eficiência de utilização da dieta	19
3.3. Composição corporal e utilização dos nutrientes	20
4. Discussão.....	23
5. Conclusões	27
6. Referências	29

Esta página foi propositadamente deixada em branco

Lista de Figuras

Figura 1: Capturas e aquacultura: produção total (FAO, 2016).	1
Figura 2: Corvina produzida no ensaio associado a este trabalho.	3
Figura 3: Evolução da pesca de corvina (FAOa, 2016).	4
Figura 4: Evolução da produção de corvina em aquacultura (FAOa, 2016).	5
Figura 5: Local onde se encontravam os peixes aquando da amostragem.	15
Figura 6: Juvenil de corvina.	15

Lista de Quadros

Quadro 1: Composição ponderal e proximal das dietas experimentais.	12
Quadro 2: Distribuição dos tratamentos experimentais pelos tanques. Os círculos representam os tanques.	14
Quadro 3: Fator de hidratação.	16
Quadro 4: Composição proximal das dietas experimentais.	19
Quadro 5: Crescimento, ingestão e eficiência de utilização do alimento de <i>Argyrosomus regius</i> alimentada com as dietas experimentais durante 90 dias.	21
Quadro 6: Composição proximal das carcaças de <i>Argyrosomus regius</i> utilizadas no ensaio em percentagem de peso vivo (% peso vivo, PV).	22

Lista de abreviaturas

AA: Amino ácidos

AG: Ácidos gordos

DGI: Índice de crescimento diário

EPPO: Estação Piloto de Piscicultura de Olhão

FAO: Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura

FCR: Taxa de conversão alimentar

IPMA: Instituto Português do Mar e da Atmosfera

LTLP: Dieta contendo 45% de proteína e água do tanque a 20°C

LTHP: Dieta contendo 57% de proteína e água do tanque a 20°C

HTLP: Dieta contendo 45% de proteína e água do tanque a 24°C

HTHP: Dieta contendo 57% de proteína e água do tanque a 24°C

MS: Matéria Seca

PER: Rácio de eficiência proteica

PV: Peso vivo

SGR: Taxa de crescimento específico

1. Introdução

1.1. Panorama da Aquacultura

O crescimento da população mundial é uma realidade inquestionável. Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO, 2016) prevê-se ser necessário alimentar 9 bilhões de pessoas em 2050. Acompanhando esta tendência, o fornecimento global de pescado para consumo humano tem aumentado, permitindo um consumo crescente de pescado *per capita* (de 9.9 kg em 1960 para 20 kg em 2015) (FAO, 2016).

Com as capturas de pescado estáveis desde 1980, é a aquacultura que tem respondido à crescente procura mundial por pescado, tendo atingido, em 2014, uma produção de pescado (plantas não incluídas) de 73,8 milhões de toneladas (Figura 1) associadas a um valor de cerca de 137 milhares de milhões de euros (FAO, 2016). A China, por si só, contribuiu com 60% para essa produção.

A aquacultura tem sido, desde o início, um sector em crescimento, tendo, desde 2014, contribuído mais do que a pesca para o fornecimento de peixe para o consumo humano, representando um importante avanço no sentido de controlar a pressão sobre os stocks naturais, sobre explorados ou em risco de sobre exploração e garantir um abastecimento de pescado mais sustentável (FAO, 2016).

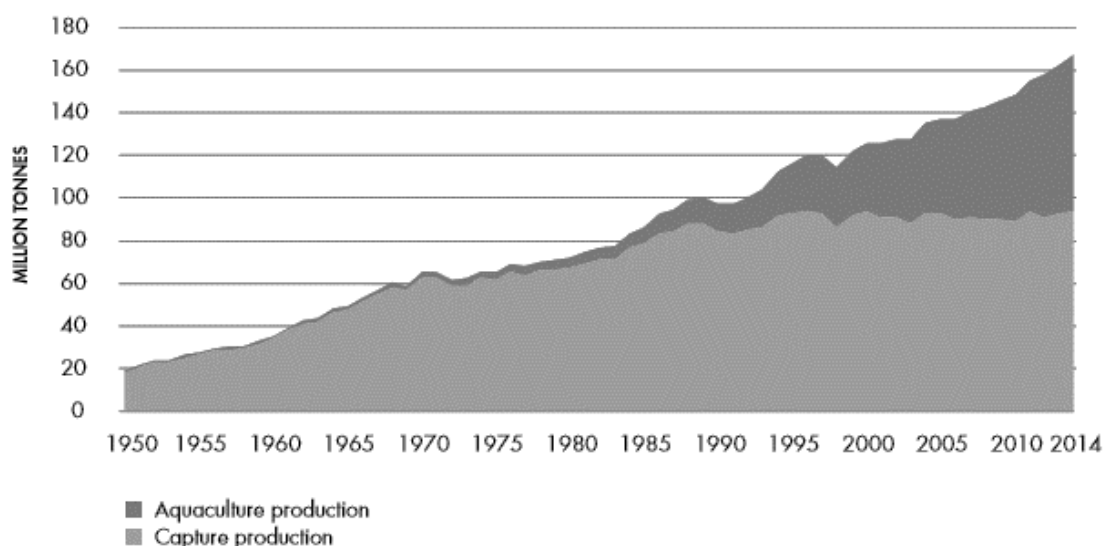


Figura 1: Capturas e aquacultura: produção total (FAO, 2016).

Na indústria alimentar, o sector do pescado é aquele que mais movimenta produtos e capitais (FAO, 2016; Kobayashi et al., 2015). Incluindo a aquacultura e a pesca, foram exportados, em 2014, 60 milhões de toneladas (em peso vivo) de pescado correspondentes a um terço da produção total. A China, em conjunto com a Noruega e o Vietname, representam os maiores exportadores. Já nas importações, os valores mais significativos estão associados à União Europeia, aos Estados Unidos da América e ao Japão (FAO, 2016).

A distribuição e o desenvolvimento da aquacultura não são uniformes em todas as regiões. Embora haja uma tendência crescente de produção em todos os continentes, na Oceânia a produção tem diminuído nos últimos 3 anos. Por sua vez, o continente asiático, sendo o maior em termos de área e população, é o único onde a produção supera as capturas e essa produção contribui com 89% do fornecimento de pescado para consumo humano a nível mundial (FAO, 2016).

A aquacultura, a nível global, assenta maioritariamente na utilização de tanques de terra onde se produzem espécies de água doce ou salobra, maioritariamente herbívoras e omnívoras. Este tipo de produção está localizado em países em desenvolvimento. Nos países desenvolvidos, a produção baseia-se em espécies marinhas essencialmente carnívoras (FAO, 2016).

1.2. Aquacultura de corvina

1.2.1. Corvina

A corvina, *Argyrosomus regius* (Asso, 1801), é um peixe teleósteo, anádromo, semi-pelágico com tendência demersal, que habita o sublitoral dos 15 aos 200 metros em fundos arenosos (Quero et al., 1985), pertencente à família Sciaenidae, que inclui 270 espécies entre 70 géneros (Griffiths et al., 1995; Hureau et al., 1986). A corvina pode ser encontrada na costa Atlântica, da Noruega até Gibraltar e Congo incluindo o mar Mediterrâneo e o mar Negro (Poli et al., 2003; Whitehead et al., 1986). Carnívora voraz, os adultos alimentam-se de cefalópodes, mugilídeos ou clupeiformes enquanto os juvenis, segundo registos de Tixerant (1974), preferem pequenos crustáceos da família Mysidacea, (Cabral et al., 2001; Jiménez et al., 2005). A corvina apresenta um corpo quase fusiforme com uma linha lateral que se destaca (Figura 2). Possui uma cabeça grande com uma boca terminal que contém séries de pequenos dentes. As escamas nos flancos são inseridas na diagonal e prateadas tornando-se acobreadas perto das barbatanas dorsais. No meio natural a corvina pode atingir 1,80 m de comprimento e 45

kg de peso vivo (Quéméner, 2002), sendo, no entanto, mais comum serem encontrados indivíduos com cerca de um metro de comprimento (Cárdenas, 2010).



Figura 2: Corvina produzida no ensaio associado a este trabalho.

Os adultos deslocam-se em pequenos grupos em águas costeiras e na época de reprodução, durante a primavera, migram para estuários onde se podem manter até ao final do verão (Shabana et al., 2012). Esta transição acontece aquando das descargas de água doce (Hall, 1984) e é possível graças à elevada tolerância que esta espécie possui à temperatura e salinidade (2-38 °C e 5-39 ‰, respetivamente). As áreas de reprodução são restritas e localizam-se na costa da Mauritânia e nos estuários dos rios Gironda, Tejo, Guadalquivir e Nilo (Quéméner, 2002). No inverno, os adultos retornam às águas profundas para se alimentarem. Os juvenis deslocam-se em cardume, sendo, também, encontrados em estuários juntamente com os indivíduos adultos (Cabral et al., 2001; Champagnat et al., 1978; Quero et al., 1985). No final do verão, os juvenis deixam os estuários e passam dois ou três anos em águas costeiras antes de migrarem para longe da costa, onde se localizam as áreas de alimentação. A maturação sexual acontece aos 4-5 anos no meio natural e uma fêmea com 1,2 m pode colocar 800.000 ovos (Haffray et al., 2012; Monfort, 2010; Prista et al., 2007). As larvas planctónicas desenvolvem-se em água com temperatura superior a 20°C (Quero et al., 1985). A temperatura da água parece ter um papel fundamental nesta espécie, tendo sido sugerido ser determinante na sua migração e reprodução (Kir et al., 2017; Monfort, 2010).

Não há muita informação sobre as reservas naturais de corvina, mas as maiores ameaças à espécie derivam da formação de grandes cardumes na época de reprodução e da emissão de

sons pelos machos, o que promove um elevado esforço de pesca e consequente degradação do ambiente de desova (Quero et al., 1985; Sadovy et al., 2003).

1.2.2. Produção

Com o mercado mediterrâneo dominado por espécies como a dourada (*Sparus aurata*) e o robalo (*Dicentrarchus labrax*), acrescido o facto das capturas na zona terem diminuído um terço desde 2007, há uma crescente necessidade de diversificação das espécies cultivadas. Essa procura por novas espécies que possam ser produzidas de forma economicamente sustentável levou ao início da produção de corvina (Parisi et al., 2014; Roo et al., 2010).

A qualidade do músculo no que toca a textura, sabor e baixo teor lipídico aliado ao elevado valor comercial da espécie, ao rápido crescimento, à elevada fecundidade, à boa adaptação a cativeiro, ao ciclo de vida conhecido e à relativamente elevada taxa de conversão são os principais parâmetros que fazem da corvina uma crescente aposta em aquacultura. (Cárdenas, 2010; N. J. E. Duncan, A; Fernández-Palacios, H; Gairin, I; Hernández-Cruz, C.M; Roo, J; Schuchardt, D; Vallés, R, 2013; Estévez et al., 2011; C. C. Jobling, 2010; Monfort, 2010; Mylonas et al., 2015; Mylonas et al., 2013; Papadakis et al., 2013; Roo et al., 2010).

A produção de corvina teve o seu início em 1997, simultaneamente em França e em Itália. Atualmente a produção está localizada em França, Itália, Espanha, Portugal, Grécia, Turquia, Egipto, Malta e Croácia (Monfort, 2010). Em 2014, a pesca contribuiu com cerca de 1.000 toneladas de corvina para o mercado (Figura 3) enquanto a aquacultura, em 2015, introduziu no mercado cerca de 15.000 toneladas de corvinas, contrastando com as 30 toneladas introduzidas em 1997 (Figura 4).

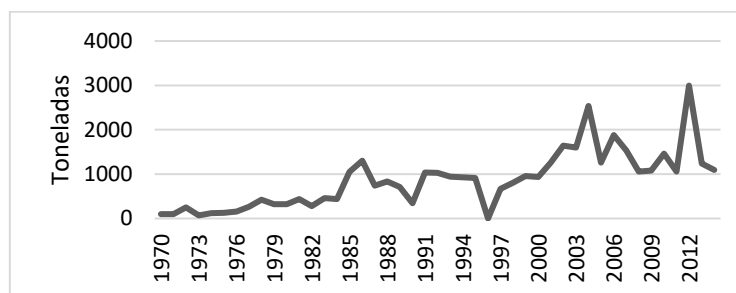


Figura 3: Evolução da pesca de corvina (FAOa, 2016).

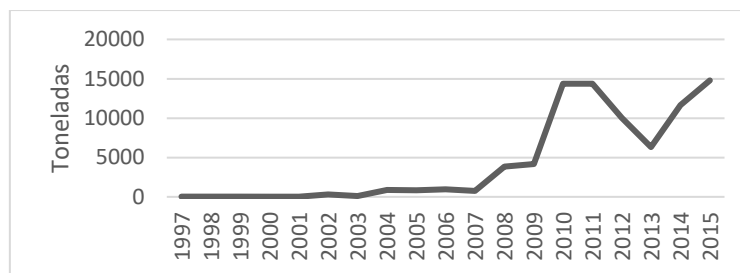


Figura 4: Evolução da produção de corvina em aquacultura (FAOa, 2016).

A produção de corvina baseia-se nos princípios da produção de dourada e de robalo por falta de informação específica para a espécie. O ciclo tem início com reprodutores com mais de 6 kg de peso, mantidos com condições de acondicionamento e de dieta ótimas de forma a assegurar a qualidade da descendência. Após a desova, as larvas são mantidas na escuridão e alimentadas com copépodes e artémia. As corvinas com 15 g são transferidas para jaulas ou tanques, procedimento comum no Egito e em Espanha, respetivamente, e são alimentadas várias vezes ao dia de forma a prevenir o canibalismo. À medida que crescem, a frequência de alimentação é alterada para apenas uma alimentação diária correspondente a 1-2% do peso corporal, vulgarmente traduzindo-se em heterogeneidade de tamanho do lote dadas as relações de dominância-dominados que se estabelecem. A corvina tem por hábito encontrar-se no fundo da jaula e o comportamento alimentar envolve inicialmente o fundo da coluna de água e uma subida gradual até à superfície (Cárdenas, 2010; N. J. E. Duncan, A; Fernández-Palacios, H; Gairin, I; Hernández-Cruz, C.M; Roo, J; Schuchardt, D; Vallés, R, 2013).

Em termos de mercado e potencial comercial, a corvina é vendida maioritariamente inteira com 1 a 2 kg de peso, devido à baixa proporção de músculo que possui na fase entre os 300-400 g de peso. Consequentemente, a corvina não consegue competir no mercado associado ao robalo e à dourada, as espécies mais comercializadas com esse peso-porção. No entanto, o rápido crescimento da corvina torna-a uma espécie com potencial para a indústria de filetagem (Monfort, 2010).

Dos constrangimentos da produção de corvina destacam-se as taxas de crescimento variáveis que diminuem o rendimento da produção (N. J. Duncan et al., 2013), a limitada variabilidade genética dos reprodutores devido ao facto da desova apenas se dar em cinco locais (Haffray et al., 2012), as doenças associadas à produção em jaulas (Merella et al., 2009; Ternengo et al., 2010; Toksen et al., 2007) e a indispensável expansão do mercado ligada à diversificação do tipo de oferta (Froehlich et al., 2017; Monfort, 2010).

1.3. Nutrição em aquacultura

O peixe é uma importante fonte de proteína animal representando 17% da proteína animal consumida e suprimindo 20% das necessidades em aminoácidos a 3,1 bilhões de pessoas. A sua fácil digestão, a elevada qualidade da proteína, a presença de ácidos gordos polinsaturados, de vitaminas A, D e E e de minerais como cálcio, iodo, zinco, ferro e selênio, tornam o peixe uma mais-valia na alimentação humana (FAO, 2016; Kobayashi et al., 2015).

Para ser possível produzir pescado de qualidade é fundamental conhecer os requisitos nutricionais dos peixes e dessa forma ter a certeza que os animais têm acesso a corretas fontes de nutrientes. No sentido em que metade da produção mundial de pescado é feita recorrendo a alimentação artificial, a nutrição é um pilar na aquacultura e uma área com um forte crescimento de investigação nos últimos anos (Council, 2011).

No que diz respeito aos ingredientes utilizados para suprir as necessidades dos peixes em macro e micronutrientes, a farinha e o óleo de peixe continuam a ocupar o topo. No entanto, estes ingredientes mostram uma clara tendência a diminuir a sua presença nas dietas e a ser alvo de uma utilização mais seletiva (maternidades e reprodutores) devido ao preço crescente e à insustentabilidade da sua produção. Como tal, tem sido feito um esforço global no sentido de evolução tecnológica, no que diz respeito à procura de ingredientes alternativos que assegurem os requisitos dos peixes (Naylor et al., 2000).

A nutrição e alimentação de peixes começou por ser uma tentativa de obter as quantidades mínimas de nutrientes necessários que se traduzissem num bom crescimento em várias espécies através de ensaios de crescimento e formulação de dietas (Council, 2011), mas rapidamente evoluiu para um conceito mais abrangente que inclui toda uma gestão de retenção de nutrientes, reprodução, bem-estar animal e resposta a *stress*, desempenhando um papel de relevo no que diz respeito ao ambiente aquático (Lall, 2000).

A formulação de dietas cada vez mais completas e equilibradas possibilitou a intensificação da produção de pescado. Um dos problemas associados a esta produção intensiva, onde a qualidade da água e o espaço disponível são limitados, é o aumento de *stress* que se traduz em aumento da suscetibilidade a doenças, diminuição de bem-estar e crescimento. Uma nutrição equilibrada, suprimindo todas as necessidades de nutrientes da espécie, aliada a boas práticas de manejo, é uma resposta eficaz de forma a contrariar os aspetos negativos da produção (Oliva-Teles, 2012; Trichet, 2010).

Como qualquer outra indústria animal, a aquacultura visa simultaneamente a maximização do crescimento e a minimização dos custos. Quanto mais rápido o peixe atingir o tamanho comercial, menos tempo se mantém nas instalações, diminuindo assim os custos de

alimentação e de manutenção. A taxa de crescimento está intrinsecamente relacionada com a qualidade da dieta utilizada que influenciará, para além do crescimento, o bem-estar animal e as propriedades organoléticas do produto final. Com a alimentação a ocupar o lugar cimeiro no que diz respeito aos custos de produção, o aperfeiçoamento das dietas é indispensável (Lane et al., 2014).

Atualmente, para formular uma dieta, não é só fulcral incluir os principais nutrientes (aminoácidos, ácidos gordos, vitaminas e minerais) como se tem tornado cada vez mais relevante a inclusão de suplementos (e.g. antioxidantes) e componentes funcionais (e.g. probióticos, pré-bióticos e imunoestimulantes). Estes componentes visam potenciar, entre outros, o crescimento, o bem-estar, a tolerância ao stress e a resistência a patogénicos.

O futuro da nutrição em peixes e consequentemente da aquacultura, depende não só dos avanços na procura por ingredientes alternativos à farinha e ao óleo de peixe, mas também na determinação dos requisitos das espécies cultivadas que permitirá produzir dietas cada vez mais baratas e eficientes (Council, 2011).

As fontes proteicas são, em geral, os ingredientes mais caros da dieta. Uma vez que o objetivo geral do trabalho que agora se apresenta consistir na influência da interação entre o teor em proteína da dieta e a temperatura da água, na secção seguinte vamos, apenas, referir a proteína e não outros nutrientes essenciais.

1.3.1 Proteína

As proteínas representam 65 a 75% da porção orgânica do peixe em peso seco (Halver et al., 2002). São moléculas orgânicas que contêm carbono, oxigénio, azoto, hidrogénio e frequentemente enxofre que exercem funções fundamentais nos processos biológicos. As proteínas alimentares são digeridas no trato gastrointestinal dos peixes e os AA absorvidos distribuídos pelo organismo (Blaxter, 1989) para produção de novas proteínas e substituição das existentes (Waterlow et al., 1978). Nesse sentido, se a proteína da dieta não for suficiente, ou o seu perfil em AA desequilibrado, ocorre uma redução ou paragem de crescimento e perda de peso. Por outro lado, se o teor proteico for excessivo, os AA serão utilizados como fonte energética e/ou excretados, diminuindo a eficiência proteica (Sugiura et al., 1998).

As necessidades em proteína compreendem dois componentes: i) necessidades em AA indispensáveis que o peixe não é capaz de sintetizar ou fá-lo em quantidades insuficientes relativamente às suas necessidades de síntese proteica ou de outros compostos com funções metabólicas; e ii) fornecimento de AA dispensáveis ou de azoto para que o peixe os possa sintetizar. A proteína/AA são utilizados para manutenção (necessidades de manutenção),

devido à constante degradação e nova síntese proteica característica das células animais (turnover proteico; Houlihan, 1991) e para produção/crescimento (necessidades de produção). As necessidades em AA variam de forma inversamente proporcional com o tamanho e a idade do peixe (Lovell, 1989). Não só a quantidade de AA disponível é importante, mas também a sua qualidade. A origem dos AA condiciona a sua digestibilidade e consequentemente a sua utilização pelos peixes (Council, 2011).

Os primeiros estudos sobre nutrição proteica de peixes foram realizados em salmão Chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*) em finais de 1950 (DeLong et al., 1958; Halver, 1957). Atualmente, para a determinação das necessidades em proteína e AA são fornecidos níveis crescentes de proteína/AA e medida a resposta animal (e.g., ganho de peso vivo), resultando numa curva dose-resposta que indica a quantidade mínima de proteína ou AA associada a uma resposta (crescimento) máxima (Robbins et al., 1979). Estudos de determinação do requisito proteico de corvina referem que a proteína deve representar entre 40% e 60% da dieta, variando com a idade e o peso do peixe (Amoedo, 2012; Chatzifotis et al., 2012; Quéméner, 2002).

Também é utilizado o conceito de proteína ideal, ou seja, é assumida uma correlação direta entre o conteúdo total de aminoácidos da carcaça com o da dieta (Saavedra et al., 2015). Como a lisina é, por norma, o primeiro aminoácido limitante nas dietas (Robinson et al., 1980), os requisitos dos outros aminoácidos podem ser determinados comparando com o teor em lisina (Furuya et al., 2004; Hauler et al., 2001; Susenbeth et al., 1999).

Tal como referido anteriormente, as fontes proteicas representam, atualmente, os ingredientes mais caros de uma dieta, pelo que a otimização da sua utilização (relação nível de proteína na dieta e retenção proteica pelo peixe) é essencial na redução dos custos de produção. Se, por um lado, o défice em proteína na dieta leva a uma redução do crescimento do peixe, por outro, o excesso de proteína conduz à sua utilização com fins energéticos (Watanabe, 2002). Com efeito, quando a dieta fornece quantidades insuficientes de energia não proteica, a proteína da dieta é desaminada para produção de energia e não utilizada para a síntese e deposição proteica.

Assim sendo, além da composição em AA da proteína e sua digestibilidade é essencial o equilíbrio entre os teores em proteína e energia da dieta para otimizar o crescimento e a síntese de tecido muscular (Council, 2011). Vários estudos têm avaliado o potencial dos hidratos de carbono e dos lípidos na poupança proteica, mas uma vez que os peixes estão mais adaptados a níveis digestivo e metabólico à utilização de lípidos do que de hidratos de carbono, o fornecimento de lípidos numa proporção proteína-energia equilibrada (Cho et al.,

1990; Craig et al., 2009) é, geralmente, uma estratégia mais eficaz de poupança proteica, assegurando o crescimento ótimo. Em corvina, vários estudos sugerem um nível ótimo de lípidos da dieta de 15 a 18% (Antonopoulou et al., 2014; Chatzifotis et al., 2012; Chatzifotis et al., 2010).

Por fim, saliente-se, ainda, que o aporte excessivo de proteína aumenta a excreção de amoníaco que deteriora a qualidade da água, reforçando o objetivo chave na nutrição e alimentação em aquacultura de fornecimento da quantidade mínima necessária de proteína para um crescimento máximo (Rahimnejad et al., 2015).

1.3.2. O fator temperatura

Os peixes têm, normalmente, uma gama ótima de temperaturas para o seu crescimento (Brett et al., 1979). A temperatura ótima de crescimento reflete a temperatura em que a energia ingerida direcionada para esse efeito é máxima (Brett et al., 1979). Segundo Fry (1971), a temperatura constitui um fator condicionante da taxa metabólica, dada a sua influência na ativação molecular dos componentes da cadeia metabólica. Nos peixes, sendo animais poiquilotérmicos, a temperatura da água influencia diretamente a ingestão e a taxa metabólica até à temperatura ótima da espécie (Gillooly et al., 2001; Hemmingsen, 1950; Ibarz et al., 2005; Ikeda, 1985; Peres et al., 1999). Uma taxa metabólica basal mais elevada permite uma vida mais ativa e uma resposta mais rápida a possíveis alterações no ambiente (Clarke et al., 2004). A temperatura ótima referenciada para corvina varia entre os 17 °C e os 21 °C de acordo com Quéméner (2002) e os 26 °C e 30 °C segundo Kir et al. (2017), com recurso à medição da taxa de oxigénio consumido.

A temperatura, a ingestão e o tamanho do peixe são os fatores que mais impacto causam no crescimento do peixe (Gardeur et al., 2007). A resposta imediata do peixe a um aumento de temperatura é o aumento da ingestão até à temperatura ótima (Halver et al., 2002). Esse aumento da ingestão está, geralmente, associado a um aumento de crescimento. No entanto, a temperatura em que tal ocorre é superior à temperatura ótima da eficiência de conversão alimentar (Jobling et al., 1994; Woiwode et al., 1991). Assim sendo, ao nível da produção, manipular a temperatura de forma a obter uma ingestão máxima pode não cumprir o objetivo de alcançar a máxima eficiência alimentar.

Com a diminuição da temperatura, a ingestão de alimento diminui bem como a digestibilidade da matéria seca, proteína e energia (Azevedo et al., 1998; Choubert et al., 1982; Satoh et al.,

2004) devido à diminuição da atividade das enzimas digestivas (Kaushik et al., 1980; Miegel et al., 2010; Morimoto Kofuji et al., 2006).

A relação entre a temperatura e a utilização proteica foi estudada em várias espécies de peixes. Em geral, o aumento de temperatura melhora o crescimento e a eficiência alimentar (Degani et al., 1989; Peres et al., 1999; Satoh et al., 2004) sendo que, em robalo, há evidência que sugere permitir uma boa aceitação de hidratos de carbono, possibilitando a poupança de proteína da dieta (Hidalgo et al., 1988).

Neste contexto, é de salientar que, segundo Halver et al. (2002), o que varia com a temperatura é a ingestão e não o requisito proteico do peixe. Com efeito, um aumento de temperatura até ao ótimo da espécie diminuirá a diferença energética entre a ingestão e a taxa metabólica o que se traduz num aumento de energia disponível para crescimento.

1.4. Objetivos

Tendo a corvina (*A. regius*) um papel importante na diversificação da aquacultura no Mediterrâneo e representando as fontes proteicas um elevado custo das dietas, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a combinação do efeito da temperatura da água e do teor em proteína na dieta no crescimento e na eficiência de utilização da dieta por juvenis de corvina. Em relação às necessidades nutricionais, está descrita como ótima uma percentagem de 50% de proteína na dieta, mas as dietas comerciais para dourada (*Sparus aurata*) e robalo (*Dicentrarchus labrax*), utilizadas na produção de corvina, contêm cerca de 45% de proteína. Além disso, resultados de estudos anteriores na Estação Piloto de Piscicultura de Olhão (EPPO) demonstraram, para corvina, um maior crescimento e eficiência alimentar com uma dieta contendo 60% de proteína. Em relação à temperatura, apesar de a literatura descrever a gama de temperatura ótima de crescimento para a corvina entre os 17 °C e os 21 °C, o cultivo de juvenis de corvina na EPPO já tinha demonstrado que o crescimento da espécie era beneficiado a cerca de 24 °C. Pretendeu-se, assim, averiguar se o aumento da temperatura da água permite um melhor crescimento e melhor aproveitamento da proteína, otimizando a sua utilização, com possíveis repercussões importantes na rentabilidade económica da produção da espécie.

2. Material e Métodos

2.1. Dietas experimentais

Os ingredientes e a composição proximal das dietas experimentais apresentam-se no Quadro 1. A partir das referências bibliográficas, a percentagem ótima de proteína na dieta para a corvina é 50%, mas as dietas comerciais utilizadas para a espécie dizem respeito às necessidades de dourada (*Sparus aurata*) e robalo (*Dicentrarchus labrax*) e contêm 45% de proteína. Assim, foram formuladas, com base no teor ótimo descrito como 50%, duas dietas iso-lipídicas com “baixo” (lower protein, LP) e “elevado” (higher protein, HP) teor em proteína. Para assegurar os teores pretendidos em proteína, o nível de inclusão de concentrado de proteína de soja, de glúten de trigo, de bagaço de soja, de trigo e de metionina foram ajustados entre dietas. As dietas foram formuladas pela SPAROS Lda, Portugal.

Quadro 1: Composição ponderal e proximal das dietas experimentais.

	Dieta ¹	
	LP	HP
Ingredientes (%)		
Farinha de peixe LT Diamante	15,0	15,0
Farinha de peixe 60	10,0	10,0
Farinha de aves 65	7,2	7,2
Concentrado de proteína de soja	14,0	16,5
Glúten de trigo	3,0	17,5
Glúten de milho	7,0	7,0
Bagaço de soja 48	11,5	
Trigo	12,0	6,7
Farinha de feijão fava	6,0	6,0
Óleo de peixe	5,0	5,0
Óleo de colza	6,7	6,7
Mistura mineral e vitamínica	1,0	1,0
Lecitina de soja	0,5	0,5
MCP ²	0,2	0,2
L-Lisina	0,4	0,4
DL-Metionina	0,5	0,3
Composição proximal (em % de alimento)		
Cinza (%)	9,12	8,51
Proteína bruta (%)	44,48	52,48
Gordura bruta (%)	16,03	16,01
Fibra bruta (%)	1,22	0,84
Fósforo total	1,27	1,23
Energia bruta (kJ/g)	19,44	20,12

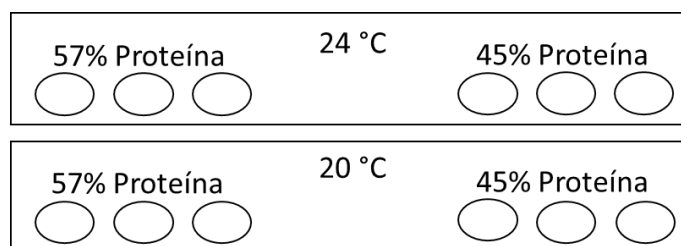
¹LP – dieta com “baixo” teor em proteína; HP – dieta com “elevado” teor em proteína; ²MCP – Fosfato monocálcico

2.2. Ensaio de crescimento

O ensaio decorreu durante 90 dias entre 6 de outubro de 2016 e 4 de janeiro de 2017 nas instalações da EPPO, do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) e teve como objetivo geral avaliar a combinação do efeito da temperatura da água e do teor em proteína da dieta no crescimento de juvenis de corvina (*A. regius*). Foram avaliados quatro tratamentos: LTLP, LTHP, HTLP e HTHP em que LT (lower temperature) corresponde a uma temperatura da água de 20 °C; LP corresponde à dieta com 45% de proteína; HP corresponde à dieta com 57% de proteína e HT (higher temperature) corresponde a uma temperatura da água a 24 °C. Para cada tratamento foram distribuídos três grupos homogêneos de juvenis de corvina, cuja densidade não ultrapassou 3,50 kg.m⁻³ (peso vivo inicial de 56 ± 1,3 g), por três tanques em fibra de vidro de 1500 L num sistema aberto com água previamente filtrada proveniente da Ria Formosa (Quadro 2). Os juvenis utilizados pertenciam à mesma coorte e foram produzidos na EPPO. A temperatura da água dos tanques foi mantida a 24 °C e 20 °C através da utilização de duas linhas de água aquecidas com recurso a bombas de calor. Assim sendo, a água era bombeada a partir do reservatório da EPPO até ao sistema de bombas de calor, onde era aquecida. Era, então, distribuída através de duas linhas separadas para os respetivos tanques consoante a temperatura em teste nos mesmos. O reservatório funciona por diferença de cota, ou seja, é naturalmente abastecido com água da Ria Formosa. A aclimação dos animais às condições do ensaio durou 30 dias e neste período as corvinas foram alimentadas com a dieta habitualmente utilizada na EPPO, com 45% de proteína.

Durante o ensaio, o fotoperíodo foi de 14 horas de luz e 10 horas de escuridão, a salinidade de 36 e o oxigénio dissolvido de 4 a 6 mg/L. De forma a assegurar que a quantidade de oxigénio não baixava dos 4 mg/L, os tanques estavam individualmente equipados com sondas de oxigénio que ativavam a injeção de oxigénio para a água quando o valor mínimo acima referido fosse atingido. O caudal era verificado todos os dias de forma a assegurar uma renovação de não menos que 50% por hora. As corvinas têm muita tendência para saltar, especialmente durante a noite e como tal todos os tanques foram cobertos com rede. Após o período de aclimação, iniciou-se a distribuição das dietas experimentais. As dietas foram distribuídas manualmente e oferecidas *ad libitum* três vezes ao dia (9, 12 e 16 horas).

Quadro 2: Distribuição dos tratamentos experimentais pelos tanques. Os círculos representam os tanques.



2.2.1. Amostragem

Foram realizadas 4 amostragens com intervalos de 30 dias. Nas amostragens no início e no fim do ensaio, todos os peixes foram individualmente medidos (comprimento total, cm) e pesados (g). Os peixes, em jejum desde o dia anterior, foram retirados dos respectivos tanques onde se encontravam através de baldes com água e transferidos para uma tina com água, de temperatura igual ao tratamento do tanque em amostragem, que continha 50 mg/L de anestésico (2-fenoxietanol) (Figura 5). Os peixes eram retirados da tina, pesados e medidos, e voltavam ao respectivo tanque novamente em baldes com água. Nas duas amostragens intermédias, respetivamente no final do primeiro e segundo mês de ensaio, 10 peixes selecionados aleatoriamente foram individualmente pesados e medidos. Os restantes exemplares de cada tanque foram contados e pesados em grupos de 10 peixes. O objetivo destas duas amostragens foi monitorizar o ensaio, ou seja, garantir que os peixes estavam a crescer.

No início do ensaio foram recolhidos aleatoriamente 10 peixes, os quais foram mergulhados num banho de 2-fenoxietanol até perda completa do equilíbrio. Procedeu-se à sua congelação imediata, a -20 °C, para posterior análise da composição corporal.

No final do ensaio foram recolhidos aleatoriamente 6 peixes de cada tanque. De forma a cumprir as recomendações de bem-estar animal reguladas pela Direção Geral de Veterinária, estes 6 peixes foram anestesiados utilizando 700 mg/L de 2-fenoxietanol seguindo-se um corte na coluna vertebral, e congelados a -20 °C para posterior análise da composição corporal. Foram, ainda, sacrificados dois peixes de cada tanque para recolha de fígado e músculo para análise de lípidos totais. Essas amostras foram imediatamente colocadas em azoto líquido e armazenadas a -80 °C até à sua análise.



Figura 5: Local onde se encontravam os peixes aquando da amostragem.

2.1.2. Medições

O comprimento de cada peixe foi medido utilizando um ictiómetro graduado ao milímetro (Figura 6). O peso foi medido utilizando uma balança (Ken & Sohn GmbH, modelo ITB 35K1IP) com sensibilidade de 1 grama.



Figura 6: Juvenil de corvina.

2.1.3. Alimento ingerido

A quantidade de alimento consumido por tanque foi determinada descontando ao alimento oferecido, o alimento rejeitado corrigido para o fator de hidratação. O alimento rejeitado foi quantificado diariamente durante uma semana por mês. Nessa semana, uma hora após o final da alimentação, precisamente às 11 h, 14 h e 18 h, a torneira da purga (escoamento da água

do tanque) era aberta sobre um filtro que retinha o alimento não consumido. Esse alimento era então pesado e dividido pelo fator de hidratação, obtendo-se o peso seco do alimento não ingerido. A média do alimento rejeitado determinada durante uma semana foi utilizada como referência para o respetivo mês. O fator de hidratação foi determinado dividindo o peso da dieta hidratada durante 2 horas em água à mesma temperatura do respetivo tratamento pelo peso seco da mesma (Quadro 3).

Quadro 3: Fator de hidratação.

	Dieta	
	LP	HP
Temperatura (°C)		
21	2,8	2,4
24	2,2	2,2

2.3. Análises químicas

Todas as amostras foram transportadas da EPPO para Laboratório de Ciência Animal, do Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar (ICBAS), da Universidade do Porto, em caixas de esferovite revestidas internamente a gelo seco.

2.3.1. Preparação das amostras para posterior análise

As amostras das dietas, de fígado e de músculo foram liofilizadas (Lyolab /A- Secfroid) durante 72 horas e posteriormente trituradas, utilizando um almofariz até obtenção de mistura homogénea. As 82 amostras de carcaça foram homogeneizadas e para isso cada peixe foi cortado, na integridade, passado pela varinha mágica e a massa homogénea resultante colocada em tubos Falcon de 50 mL para posterior liofilização (Lyolab /A- Secfroid) durante 72 horas.

2.3.2. Composição proximal

Todas as análises químicas foram efetuadas em duplicado de acordo com os métodos descritos na AOAC (2006). O teor em matéria seca (MS) foi determinado por diferença de peso das amostras antes e depois da liofilização. Para expressar o teor dos vários nutrientes em percentagem de MS, as amostras liofilizadas foram secas em estufa de circulação de ar a 103 °C durante 24 horas. O teor em cinza das dietas foi analisado por combustão (550 °C durante

6 h) em mufla (Vulcan 3-550). O teor em N orgânico foi determinado após digestão ácida (Kjeldatherm TR e Vapodest 40, Gerhardt, Königswinter, Alemanha) segundo o método de kjeldahl, sendo o teor em proteína bruta (PB) calculado como N kjeldahl x 6.25. O teor em gordura bruta (GB) foi determinado por extração com éter de petróleo (40-60 °C) segundo o método de Soxhlet (Gerhardt, Soxtherm). A energia bruta (EB) foi determinada em bomba calorimétrica adiabática (IKA C2000, IKA -Werke GMBH & CO. KG, Staufen, Germany). Para a determinação do teor em lípidos totais dos músculos e fígados dos peixes amostrados utilizou-se o método de Folch et al. (1957).

2.4. Cálculos

Os parâmetros relativos ao crescimento e retenção de nutrientes foram calculados da seguinte forma

- Taxa de crescimento específica (SGR):

$$\text{SGR} = ((\text{Ln (peso final)} - \text{Ln (peso inicial)}) / \text{Número de dias}) * 100$$

- Índice de crescimento diário (DGI):

$$\text{DGI} = ((\text{peso final}^{1/3} - \text{peso inicial}^{1/3}) / \text{Número de dias}) * 100$$

- Taxa de conversão alimentar (FCR):

$$\text{FCR} = \text{consumo (g MS/peixe)} / (\text{peso final} - \text{peso inicial})$$

- Taxa de eficiência proteica (PER):

$$\text{PER} = (\text{peso final} - \text{peso inicial}) / \text{proteína ingerida (g/peixe)}$$

- Ingestão em MS (g/kg peso vivo médio/dia):

$$\text{Ingestão em MS} = ((100 * \text{consumo de MS (g MS/peixe)}) / ((\text{peso inicial} + \text{peso final}) / 2 / \text{número de dias})) * 10$$

- Ingestão de nutriente (g/kg peso vivo médio/dia):

$$\text{Ingestão de nutriente} = \text{ingestão de MS} * \% \text{ nutriente na dieta}$$

- Retenção (% alimento ingerido):

$$\text{Reten\c{c}\~ao} = ((\text{peso final} * \% \text{MS na carca\c{c}a final}) - (\text{peso inicial} * \% \text{MS na carca\c{c}a inicial})) / \text{consumo MS (g MS/peixe)}$$

- Ganho (g/kg peso vivo m\'edio/dia):

$$\text{Ganho} = ((\text{peso final} * \% \text{ nutriente na carca\c{c}a final}) - (\text{peso inicial} * \% \text{ nutriente na carca\c{c}a inicial})) / (((\text{peso final} + \text{peso inicial}) / 2 / 1000) / \text{N\~umero de dias})$$

2.5. An\'alise estat\'istica

A an\'alise estat\'istica seguiu a metodologia descrita por Zar (1999). Os dados foram submetidos a uma an\'alise de vari\'ancia a dois fatores (two-way ANOVA) considerando os efeitos teor em prote\'ina da dieta e temperatura da \'gua e a sua intera\c{c}\~ao utilizando o programa Minitab 14 (Minitab 14 Statistical Software. Minitab, Inc.). Quando os efeitos foram significativos ($P < 0,05$) procedeu-se \`a compara\c{c}\~ao de m\'edias utilizando o teste de Tukey.

3. Resultados

3.1. Composição das dietas

O Quadro 3 apresenta a composição proximal das dietas experimentais. O teor em PB foi de 45,0 % e de 57,1 % (na MS) respectivamente para a dieta LP e HP. Com exceção do teor em PB, o teor nos restantes parâmetros analisados foi similar entre dietas, tendo o teor em GB e em EB sido, em média, de 17,8 % (na MS) e de 21,7 kJ/g de MS.

Quadro 4: Composição proximal das dietas experimentais.

Dieta ¹	MS ² (%)	Cinza	PB ³ (% MS)	GB ⁴	EB ⁵ (kJ/g MS)
LP	97,3	8,7	45,0	17,9	21,6
HP	97,4	8,3	57,1	17,6	21,7

¹LP, baixo teor proteico; HP, elevado teor proteico ²MS, matéria seca. ³PB, proteína bruta. ⁴GB, gordura bruta. ⁵EB, energia bruta.

3.2. Crescimento e eficiência de utilização da dieta

No Quadro 5 apresenta-se o crescimento, a ingestão de nutrientes e de energia e a eficiência de utilização da dieta de peixes alimentados com os diferentes tratamentos. No início do ensaio, não se observaram diferenças significativas ($P > 0,05$) no peso dos peixes entre tratamentos, garantindo a homogeneidade do stock de juvenis utilizados no ensaio. O peso vivo final foi significativamente superior nos peixes sujeitos ao tratamento HTHP (156,8 g \pm 34,77), intermediário para os do tratamento HTLP (125,4 g \pm 23,51) e inferiores quando a temperatura da água foi inferior (100,4 g \pm 18,68, LTLP; 106,3 g \pm 16,21, LTHP). A mesma ordem de valores foi observada para o comprimento final, o índice de crescimento diário (DGI), a taxa de crescimento específica (SGR) e o rácio de eficiência proteica (PER), que foram significativamente superiores no tratamento HTHP, intermediários para o LTHP e inferiores para os tratamentos LTLP e HTLP. Todos os índices acima referidos foram significativamente afetados pela interação entre a temperatura da água e a proteína da dieta. O índice hepatossomático (HSI) aumentou com a temperatura, mas não foi afetado pelo teor em proteína da dieta. A sobrevivência variou entre 94% e 97%, não sendo estatisticamente diferente entre os tratamentos ($P > 0,05$).

O tratamento LPHT promoveu significativamente superior ingestão de MS ($13,64 \pm 0,85$ g/PV médio/dia), de lípidos ($2,44 \pm 0,15$ g/PV médio/dia) e de energia ($295,31 \pm 18,42$ kJ/PV médio/dia). Pelo contrário, a ingestão de lípidos ($1,87 \pm 0,05$ g/PV médio/dia) e de energia ($229,44 \pm 5,59$ kJ/PV médio/dia) foi mínima no tratamento HPLT. A ingestão de proteína ($6,67 \pm 0,28$ g/PV médio/dia) foi máxima no tratamento HPHT e mínima ($5,07 \pm 0,38$ g/PV médio/dia) no tratamento LPLT.

3.3. Composição corporal e utilização dos nutrientes

Os teores em MS e em energia das carcaças foram significativamente superiores quando os peixes foram mantidos em tanques com superior temperatura da água (Quadro 6). O teor em lípidos foi superior com níveis inferiores de proteína na dieta.

O ganho de MS foi significativamente superior nos peixes sujeitos ao tratamento HTHP ($2,70 \% \pm 0,17$), intermédio para o tratamento HPLT ($2,11 \% \pm 0,01$), e inferior quando a temperatura da água foi inferior ($1,41 \% \pm 0,11$, LTLP; $1,51 \% \pm 0,16$, LTHP).

O aumento da temperatura da água promoveu um ganho superior de lípidos, energia e proteína. Já o aumento do teor em proteína da dieta aumentou significativamente o ganho de proteína e de energia, mas diminuiu o ganho de lípidos.

A retenção (% alimento ingerido) de proteína foi afetada pela temperatura, sendo que um aumento da temperatura promoveu uma maior retenção proteica. A retenção de lípidos foi significativamente inferior no tratamento LTHP ($6,24 \% \pm 2,19$), não se observando diferenças significativas entre os restantes tratamentos. A retenção de energia foi afetada tanto pela temperatura da água como pela percentagem de proteína na dieta, sendo superior quando ambos os parâmetros apresentavam níveis superiores. O conteúdo total de lípidos no fígado não foi afetado por nenhum dos parâmetros em estudo. No que diz respeito ao músculo, o conteúdo total de lípidos foi significativamente inferior nos peixes sujeitos ao tratamento LTHP ($3,81 \% \pm 0,77$).

Quadro 5: Crescimento, ingestão e eficiência de utilização do alimento de *Argyrosomus regius* alimentada com as dietas experimentais durante 90 dias.

	Tratamentos ¹				P		
	LTLP	LTHP	HTLP	HTHP	T	P	T*P
Crescimento							
Peso vivo inicial (g)	56,27 ± 1,69	55,93 ± 1,32	56,07 ± 1,13	56,20 ± 0,87	0,897	0,966	0,764
Peso vivo final (g)	100,4 ± 18,68 ^a	106,3 ± 16,207 ^a	125,4 ± 23,51 ^b	156,8 ± 34,77 ^c	< 0,001	0,002	0,017
Comprimento (cm)	20,76 ± 1,57 ^a	21,28 ± 1,20 ^a	22,97 ± 1,45 ^b	24,50 ± 1,78 ^c	< 0,001	0,002	0,050
Sobrevivência %	96,63 ± 1,46	93,70 ± 1,10	95,80 ± 2,92	96,20 ± 3,35	0,556	0,378	0,254
Índice de crescimento diário (DGI)	0,91 ± 0,05 ^a	1,01 ± 0,12 ^a	1,13 ± 0,10 ^b	1,73 ± 0,11 ^c	<0,001	0,002	0,023
Taxa de crescimento específico (SGR)	0,64 ± 0,04 ^a	0,71 ± 0,07 ^a	0,90 ± 0,06 ^b	1,14 ± 0,06 ^c	<0,001	0,002	0,034
Índice hepatossomático (HSI)	1,79 ± 0,29	1,49 ± 0,41	1,99 ± 0,40	1,90 ± 0,52	0,049	0,171	0,463
Dieta							
Índice de conversão alimentar (FCR)	1,8 ± 0,16	1,6 ± 0,18	1,6 ± 0,10	1,1 ± 0,05	0,002	0,001	0,195
Rácio de eficiência proteica (PER)	1,24 ± 0,11 ^a	1,13 ± 0,13 ^a	1,39 ± 0,08 ^a	1,57 ± 0,08 ^b	0,001	0,055	0,038
Ingestão (g ou kJ/kg PV médio/dia)							
Matéria seca	11,26 ± 0,84	10,61 ± 0,26	13,64 ± 0,85	11,70 ± 0,50	0,002	0,009	0,129
Proteína	5,07 ± 0,40	6,05 ± 0,15	6,14 ± 0,39	6,67 ± 0,29	0,002	0,003	0,249
Lípidos	2,02 ± 0,15	1,87 ± 0,05	2,44 ± 0,15	2,06 ± 0,09	0,002	0,004	0,124
Energia	243,83 ± 18,25	229,44 ± 5,60	295,31 ± 18,41	252,97 ± 10,74	0,002	0,009	0,129

¹ LTLP: dieta com 45% de proteína e temperatura da água a 20°C; LTHP: dieta com 57% de proteína e temperatura da água a 20°C; HTLP: dieta com 45% de proteína e temperatura da água a 24°C; HTHP: dieta com 57% de proteína e temperatura da água a 24°C

PV—peso vivo; valores apresentados como média ± desvio padrão; na parte direita do quadro encontram-se os resultados da ANOVA a dois fatores; em cada linha, letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$)

Quadro 6: Composição proximal das carcaças de *Argyrosomus regius* utilizadas no ensaio em percentagem de peso vivo (% peso vivo, PV).

	Tratamentos ¹				P		
	LTLP	LTHP	HTLP	HTHP	T	P	T*P
Composição corporal ^a (%)							
MS	26,84 ± 1,01	26,42 ± 0,86	27,24 ± 0,90	27,37 ± 0,84	0,045	0,623	0,363
Cinza	3,49 ± 0,17	3,84 ± 0,33	3,67 ± 0,14	3,71 ± 0,03	0,845	0,127	0,212
Proteína	17,76 ± 0,59	18,11 ± 1,11	18,10 ± 0,10	18,52 ± 0,40	0,456	0,456	0,941
Lípidos	5,44 ± 0,46	4,31 ± 0,04	5,15 ± 0,38	4,55 ± 0,55	0,917	0,006	0,279
Energia (kJ/g)	5,67 ± 0,16	5,55 ± 0,22	5,94 ± 0,04	5,73 ± 0,09	0,028	0,086	0,617
Ganho (g ou kJ/kg PV médio/dia)							
Matéria seca	1,41 ± 0,11 ^a	1,51 ± 0,16 ^a	2,11 ± 0,01 ^b	2,70 ± 0,17 ^c	0,000	0,002	0,011
Proteína	1,07 ± 0,06	1,22 ± 0,13	1,52 ± 0,10	1,95 ± 0,15	<0,001	0,002	0,068
Lípidos	0,24 ± 0,05	0,12 ± 0,04	0,33 ± 0,03	0,35 ± 0,11	0,002	0,177	0,090
Energia	27,26 ± 0,79	29,16 ± 6,59	45,17 ± 3,39	54,30 ± 4,40	<0,001	0,058	0,185
Retenção (% consumo de alimento)							
Proteína	21,25 ± 2,84	20,23 ± 2,09	24,85 ± 1,18	29,31 ± 2,37	0,001	0,212	0,064
Lípidos	12,20 ± 2,32 ^a	6,24 ± 2,19 ^b	13,8 ± 2,04 ^a	17,3 ± 5,58 ^a	0,012	0,552	0,041
Energia	11,24 ± 1,22	12,75 ± 3,11	15,32 ± 1,15	21,47 ± 1,71	<0,001	0,010	0,074
Lípidos Totais (%MS)							
Fígado	43,32 ± 8,56	40,23 ± 5,41	47,25 ± 5,97	45,63 ± 2,46	0,186	0,486	0,824
Músculo	5,37 ± 0,11 ^a	3,81 ± 0,77 ^{ab}	4,68 ± 0,89 ^b	4,76 ± 0,86 ^{ab}	0,632	0,019	0,012

¹ LTLP: dieta com 44% de proteína e temperatura da água a 20°C; LTHP: dieta com 57% de proteína e temperatura da água a 20°C; HTLP: dieta com 44% de proteína e temperatura da água a 24°C; HTHP: dieta com 57% de proteína e temperatura da água a 24°C; ^aComposição corporal inicial %: MS 30,24 ± 1,13, Cinza 4,35 ± 2,11, Proteína 18,32 ± 3,24, Lípidos 6,64 ± 3,50, Energia (kJ/g) 6,60 ± 1,10.

PV—peso vivo; valores apresentados como média ± desvio padrão; na parte direita do quadro encontram-se os resultados da ANOVA a dois fatores; em cada linha, letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$).

4. Discussão

Nos últimos anos, têm sido vários os estudos de avaliação dos requisitos nutricionais da corvina (*A. regius*) em resposta à necessidade de otimizar a sua produção (Monfort, 2010). Com efeito, a alimentação artificial representa a maior percentagem do custo total de produção, sendo a proteína o nutriente mais dispendioso. É bem conhecido que níveis deficientes de proteína na dieta afetam negativamente o crescimento e que, pelo contrário, níveis excessivos de proteína diminuem a eficiência de utilização do N, dado os aminoácidos serem utilizados como fonte de energia (Council, 2011; Cowey, 1995; Halver, 1957). Por sua vez, a temperatura tem um papel importante na ingestão de alimento e crescimento do peixe, existindo, para cada espécie, um intervalo de temperaturas que potencia tanto a ingestão como o crescimento (Brett et al., 1979; Fry, 1971). Que tenhamos conhecimento, o efeito da interação entre o teor em proteína da dieta e a temperatura da água no crescimento e na eficiência de utilização das dietas por juvenis de corvina não foi, ainda, estudado.

No presente trabalho, as dietas experimentais, tal como pretendido, apresentaram um teor em lípidos semelhante, mas o teor em proteína da dieta HP foi superior ao previsto pelas matrizes de formulação (55.6 versus 52%; em % alimento), sugerindo valores de PB das matrizes de alguns ingredientes (e.g., concentrado de proteína de soja, glúten de trigo) inferiores aos atuais.

A uma temperatura da água de 20 °C, o aumento do teor em proteína da dieta não afetou significativamente o crescimento (peso vivo final, DGI e SGR), mas a 24 °C os parâmetros de crescimento apresentaram melhorias significativas quando o teor proteico da dieta variou de 45% para 57% (efeito interação proteína x temperatura significativo). Também Martinez-Llorens et al. (2011) e Chatzifotis et al. (2012) obtiveram, em juvenis de corvina, utilizando dietas contendo entre 40% e 54% de proteína, um aumento significativo da performance de crescimento com o aumento do teor proteico da dieta. Amoedo (2012), com condições de ensaio semelhantes, obteve um crescimento máximo de juvenis de corvina com 60% de proteína. Este estudo seguiu essa linha de resultados, visto que 57% de proteína da dieta a 24 °C levou a uma melhoria na performance de crescimento e na utilização da dieta. A ausência de diferenças no crescimento e eficiência alimentar resultantes dos níveis proteicos a 20 °C poderá ser explicada pela não adequação do teor proteico da dieta a essa temperatura, podendo a percentagem proteica ótima à referida temperatura situar-se algures entre os 45% e os 57%.

Para a mesma temperatura da água, o aumento da proteína da dieta, melhorou muito consideravelmente o índice de conversão alimentar, principalmente a 24°C. O aumento do crescimento com o aumento da temperatura da água, no sentido do ótimo da espécie, foi observado em robalo (Hidalgo et al. (1987); Peres et al. (1999), Person-Le Ruyet et al. (2004) Moreira et al. (2008)). Segundo este estudo, a temperatura ótima para o cultivo de juvenis de corvina não se aproxima do intervalo ótimo descrito por Quéméner (2002) (17 – 21 °C) mas sim próximo dos 24 °C, semelhante ao intervalo de temperatura preferencial de juvenis com 3,4 g (26 °C – 30 °C) referidos recentemente por Kır et al. (2017) com recurso à medição da taxa de oxigénio consumido.

Quer a 24 °C com 45% de proteína da dieta, quer a 20 °C com 57% de proteína da dieta o FCR foi idêntico, mas o peso vivo final, DGI e SGR foram significativamente superiores a 24°C com 45% de proteína da dieta. A composição corporal foi semelhante, mas a eficiência proteica, a ingestão, o ganho e a retenção de nutrientes também foram superiores a temperatura mais elevada e nível proteico da dieta mais baixo. A partir destes resultados podemos inferir que a produção de corvina é favorecida com o aumento da temperatura da água dos 20 °C para os 24 °C, mesmo mantendo a proteína no nível padrão atualmente utilizado nas dietas.

A eficiência proteica, avaliada através do PER e afetada pela interação proteína x temperatura, foi significativamente superior a 24 °C quando a dieta continha 57% de proteína. Comparativamente aos restantes tratamentos, foi ligeiramente superior com 45% de proteína da dieta a 24 °C e foi ligeiramente inferior quando, a 20 °C, o teor proteico aumentou. Esta observação pode ser explicada por um fenómeno bem documentado em que um teor excessivo de proteína, para um dado requisito ótimo, leva a proteína a ser utilizada para outros fins que não a síntese proteica (Cowey et al., 1972), estando a ser desperdiçada. Esse desperdício, tendo em conta os elevados custos das fontes proteicas, representa um esforço económico desnecessário. Resultados concordantes com os observados em robalo foram descritos por Hidalgo et al. (1988) que obteve que aumentar a temperatura de 15 °C para 20 °C e a proteína da dieta de 30% para 50%, correspondente ao requisito proteico da espécie, provoca um aumento da eficiência proteica.

É bem conhecido que a temperatura limita simultaneamente a ingestão e a taxa metabólica (Peres et al., 1999). No presente trabalho, a diminuição da temperatura da água diminuiu a ingestão de alimento por parte dos juvenis de corvina, como descrito em *Umbrina cirrosa* e robalo (Akpınar et al., 2012; Person-Le Ruyet et al., 2004). Já o aumento do teor em proteína da dieta diminuiu a ingestão de alimento, de lípidos e de energia, mas aumentou a ingestão

de azoto (N) e o ganho de N e energia. Resultados semelhantes foram obtidos por Peres et al. (1999) em robalo, Vergara et al. (1996) em dourada e Arzel et al. (1995) em truta marisca.

A composição proximal dos peixes é influenciada por fatores endógenos e exógenos (Shearer, 1994). O teor em lípidos da carcaça diminuiu com o aumento da proteína da dieta, tal como observaram Ballestrazzi et al. (1994) em robalo, utilizando de 44% a 54% de proteína e Amoedo (2012) em corvina, utilizando de 36% a 60% de proteína. Já o teor em energia da carcaça aumentou com o aumento da temperatura, tal como observou Azevedo et al. (1998) em truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*). Este autor sugeriu uma diminuição de perdas energéticas ou um aumento da digestibilidade da energia como possível explicação. A composição proteica da carcaça não dependeu de nenhum dos fatores em estudo, seguindo, no entanto, a mesma tendência da ingestão. Uma explicação possível é que o teor deste parâmetro seja regulado por fatores endógenos e que varie de acordo com o tamanho do peixe, como descrito por Shearer (1994) em salmonídeos.

O ganho de MS foi superior no tratamento que conjuga elevada proteína e elevada temperatura (HTHP), intermédio no tratamento HTLP e inferior nos tratamentos com baixa temperatura da água (LTLP e LTHP), refletindo o efeito dos tratamentos no crescimento dos juvenis. Os efeitos observados no ganho de proteína, de lípidos e de energia refletem os efeitos na ingestão de nutrientes. Com efeito, o ganho de proteína foi significativamente superior com o aumento da temperatura da água e do teor em proteína da dieta, havendo, no entanto, uma tendência ($P = 0,068$) para o aumento superior no ganho proteico com o aumento do teor em proteína em situação de temperatura superior. O ganho de lípidos e de energia apenas dependeu da temperatura, numa relação diretamente proporcional. Contudo, observou-se uma tendência para o aumento do teor em proteína da dieta não afetar o ganho de lípidos quando a temperatura da água era superior, mas diminuí-lo quando a temperatura era mais baixa. Isto poderá estar relacionado com a maior atividade dos animais cultivados com temperatura próxima ao ótimo da espécie.

A retenção (em % de alimento ingerido) de proteína aumentou com o aumento da temperatura da água, registando-se uma tendência ($P = 0,066$) para que o aumento da proteína da dieta promovesse a retenção de proteína apenas em situações de temperatura da água superior, e não afetar quando a temperatura é inferior.

Peres et al. (1999) sugeriu que o aumento do teor em proteína da dieta e, consequentemente da ingestão de proteína, no tratamento com menor temperatura da água não foi suficiente para diminuir a utilização dos aminoácidos como fonte de energia ou que,

em situações de temperatura abaixo do ótimo, mesmo não havendo restrição proteica, os aminoácidos são preferencialmente utilizados como fonte de energia (Peres et al., 1999).

A retenção de lípidos foi significativamente inferior com menor temperatura da água e maior teor em proteína da dieta (LTHP), refletindo mais uma vez a menor ingestão de alimento, de lípidos e de energia.

A retenção de energia foi superior a temperatura e proteína elevadas, indo ao encontro dos resultados observados por Azevedo et al. (1998) em truta arco-íris, que observou uma interação entre a retenção e a temperatura, mas são contrários aos de Peres et al. (1999), em que a retenção de N foi superior a baixa temperatura (18 °C) e proteína (36%) e a retenção de energia aumentou com o aumento de proteína, de 36% para 56% de proteína na dieta.

O fígado constitui o principal local de armazenamento de lípidos (Hoar et al., 1983), mas o teor em lípidos neste trabalho não foi afetado pelos tratamentos. Os teores em lípidos do músculo obtidos neste trabalho foram superiores aos obtidos por Chatzifotis et al. (2006), em corvina castanha (*Sciaena umbra*), onde não foram observadas diferenças significativas no teor lipídico, nem do músculo nem do fígado, com a variação do nível de proteína. Já o teor em lípidos do músculo dos juvenis de corvina foi significativamente afetado pela interação temperatura x proteína. O aumento da temperatura da água com dieta com menor teor em proteína diminuiu a percentagem de lípidos no músculo. Este resultado poderá ser explicado devido à mobilização dos lípidos como resposta à maior atividade dos animais, que se encontram mais próximo da sua temperatura ótima de crescimento e como tal despendem mais energia.

5. Conclusões

Baseado nos resultados deste ensaio, é possível verificar que a temperatura tem muita influência no crescimento da corvina (*Argyrosomus regius*). Os resultados dos parâmetros avaliados foram mais favoráveis quando utilizada água a 24 °C, sendo significativamente inferiores a 20 °C. Verificou-se que a corvina apresenta melhor performance de crescimento e de eficiência alimentar com 57% de proteína na dieta, comparativamente à utilização de uma dieta com 45% de proteína. Assim, conjugar dietas com 57% de proteína com temperatura da água a 24 °C é ideal em termos de performance de crescimento de juvenis da espécie, podendo constituir uma estratégia vantajosa em sistemas de recirculação em aquicultura (RAS). Comparativamente, sabendo que o aumento da proteína aumenta o custo da dieta, cultivar corvina utilizando água a 20 °C e dieta com 45% de proteína demonstrou ser mais produtivo do que, para a mesma temperatura, aumentar a proteína da dieta para 57%, visto não existirem, entre ambos os níveis proteicos a essa temperatura, diferenças significativas em nenhum dos parâmetros de crescimento e eficiência alimentar. Caso seja necessário optar, é preferível, em termos de performance de crescimento e excluindo a análise económica, utilizar água com temperatura de 24 °C combinada com uma dieta com 45% de proteína do que cultivar corvina utilizando uma dieta com 57% de proteína com água a 20 °C.

De futuro, seria interessante avaliar o custo das fontes proteicas e o custo energético de aquecimento da água de forma a verificar se o aumento da temperatura da água, combinado um nível proteico da dieta variado, constitui, para além de uma vantagem no crescimento, uma estratégia economicamente positiva nas unidades de produção de corvina.

Esta página foi propositadamente deixada em branco

6. Referências

- Akpınar, Z., Sevgili, H., Özgen, T., Demir, A., & Emre, Y. (2012). Dietary protein requirement of juvenile shi drum, *Umbrina cirrosa* (L.). *Aquaculture Research*, 43(3), 421-429.
- Amoedo, A. J. V. (2012). Determinação do requisito proteico em juvenis de corvina (*Argyrosomus regius*, Asso, 1801). Dissertação de mestrado em Ciências do Mar e Recursos Marinhos - Especialização em Aquacultura e Pescas. Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Universidade do Porto.
- Antonopoulou, E., Kousidou, E., Tserga, E., Feidantsis, K., & Chatzifotis, S. (2014). Dietary lipid levels in meagre (*Argyrosomus regius*): effects on biochemical and molecular indicators of liver. *Aquaculture*, 428, 265-271.
- Arzel, J., Métailler, R., Kerleguer, C., Le Delliou, H., & Guillaume, J. (1995). The protein requirement of brown trout (*Salmo trutta*) fry. *Aquaculture*, 130(1), 67-78.
- Azevedo, P. A., Cho, C. Y., Leeson, S., & Bureau, D. P. (1998). Effects of feeding level and water temperature on growth, nutrient and energy utilization and waste outputs of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquatic Living Resources*, 11(4), 227-238.
- Ballestrazzi, R., Lanari, D., D'agaro, E., & Mion, A. (1994). The effect of dietary protein level and source on growth, body composition, total ammonia and reactive phosphate excretion of growing sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 127(2-3), 197-206.
- Blaxter, K. (1989). *Energy metabolism in animals and man*: CUP Archive.
- Brett, J., & Groves, T. (1979). Physiological energetics. *Fish physiology*, 8(6), 280-352.
- Cabral, H. N., & Ohmert, B. (2001). Diet of juvenile meagre, *Argyrosomus regius*, within the Tagus estuary. *Cahiers de biologie marine*, 42(3), 289-293.
- Cárdenas, S. (2010). Crianza de la corvina (*Argyrosomus regius*). *Cuadernos de Acuicultura*, 3, 12-57.
- Champagnat, C., & Domain, F. (1978). Migrations des poissons démersaux le long des côtes ouest-africaines de 10 à 24 de latitude Nord. *Cahiers ORSTOM. Série Océanographie*, 16(3-4), 239-261.
- Chatzifotis, S., Panagiotidou, M., & Divanach, P. (2012). Effect of protein and lipid dietary levels on the growth of juvenile meagre (*Argyrosomus regius*). *Aquaculture International*, 20(1), 91-98. doi:10.1007/s10499-011-9443-y
- Chatzifotis, S., Panagiotidou, M., Papaioannou, N., Pavlidis, M., Nengas, I., & Mylonas, C. C. (2010). Effect of dietary lipid levels on growth, feed utilization, body composition and serum metabolites of meagre (*Argyrosomus regius*) juveniles. *Aquaculture*, 307(1), 65-70.
- Chatzifotis, S., Villamor Martin-Prat, A., Limberis, N., Papandroulakis, N., & Divanach, P. (2006). First data on growth of cultured brown meagre *Sciaena umbra* using diets with different protein and fat contents. *Fisheries Science*, 72(1), 83-88.
- Cho, C., & Kaushik, S. (1990). Nutritional energetics in fish: energy and protein utilization in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) *Aspects of food production, consumption and energy values* (Vol. 61, pp. 132-172): Karger Publishers.
- Choubert, G., De la Noüe, J., & Luquet, P. (1982). Digestibility in fish: improved device for the automatic collection of feces. *Aquaculture*, 29(1-2), 185-189.
- Clarke, A., & Fraser, K. (2004). Why does metabolism scale with temperature? *Functional Ecology*, 18(2), 243-251.
- Council, N. R. (2011). *Nutrient requirements of fish and shrimp*: National academies press.
- Cowey, C. (1995). Protein and amino acid requirements: a critique of methods. *Journal of Applied Ichthyology*, 11(3-4), 199-204.
- Cowey, C., & Sargent, J. (1972). Fish nutrition. *Advances in marine biology*, 10, 383-494.
- Craig, S., & Helfrich, L. A. (2009). Understanding fish nutrition, feeds, and feeding.

- Degani, G., Ben-Zvi, Y., & Levanon, D. (1989). The effect of different protein levels and temperatures on feed utilization, growth and body composition of *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). *Aquaculture*, 76(3-4), 293-301.
- DeLong, D. C., Halver, J. E., & Mertz, E. T. (1958). Nutrition of salmonoid fishes. 6. Protein requirements of chinook salmon at two water temperatures. *Journal of Nutrition*, 65, 589-599.
- Duncan, N. J., Estevez, A., Fernández-Palacios, H., Gairin, I., Hernandez-Cruz, M., Roo, J., . . . Vallés, R. (2013). *Aquaculture production of meagre (Argyrosomus regius): Hatchery techniques, ongrowing and market*.
- Duncan, N. J. E., A; Fernández-Palacios, H; Gairin, I; Hernández-Cruz, C.M; Roo, J; Schuchardt, D; Vallés, R. (2013). Aquaculture production of meagre (*Argyrosomus regius*): hatchery techniques, ongrowing and market *Advances in aquaculture hatchery technology*: Woodhead Publishing Limited.
- Estévez, A., Treviño, L., Kotzamanis, Y., Karacostas, I., Tort, L., & Gisbert, E. (2011). Effects of different levels of plant proteins on the ongrowing of meagre (*Argyrosomus regius*) juveniles at low temperatures. *Aquaculture Nutrition*, 17(2), e572-e582. doi:10.1111/j.1365-2095.2010.00798.x
- FAO. (2016). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all*.
- FAOa. (2016). FIGIS Time-series query on: Aquaculture.
- Froehlich, H. E., Gentry, R. R., Rust, M. B., Grimm, D., & Halpern, B. S. (2017). Public Perceptions of Aquaculture: Evaluating Spatiotemporal Patterns of Sentiment around the World. *PLoS ONE*, 12(1), e0169281. doi:10.1371/journal.pone.0169281
- Fry, F. (1971). The effect of environmental factors on the physiology of fish. *Fish physiology*, 6, 1-98.
- Furuya, W. M., Pezzato, L. E., Barros, M. M., Pezzato, A. C., Furuya, V. R., & Miranda, E. C. (2004). Use of ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in fish-meal-free diets for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Research*, 35(12), 1110-1116.
- Gardeur, J.-N., Mathis, N., Kobilinsky, A., & Brun-Bellut, J. (2007). Simultaneous effects of nutritional and environmental factors on growth and flesh quality of *Perca fluviatilis* using a fractional factorial design study. *Aquaculture*, 273(1), 50-63.
- Gillooly, J. F., Brown, J. H., West, G. B., Savage, V. M., & Charnov, E. L. (2001). Effects of size and temperature on metabolic rate. *science*, 293(5538), 2248-2251.
- Griffiths, M. H., & Heemstra, P. C. (1995). *A contribution to the taxonomy of the marine fish genus Argyrosomus (Perciformes: Sciaenidae), with descriptions of two new species from southern Africa*: JLB Smith Institute of Ichthyology.
- Haffray, P., Malha, R., Ould Taleb Sidi, M., Prista, N., Hassan, M., Castelnaud, G., . . . Bonhomme, F. (2012). Very high genetic fragmentation in a large marine fish, the meagre *Argyrosomus regius* (Sciaenidae, Perciformes) : impact of reproductive migration, oceanographic barriers and ecological factors. *Aquat. Living Resour.*, 25(2), 173-183.
- Hall, D. (1984). The Coorong: Biology of the major fish species and fluctuations in catch rates 1976-1983. *Safic*, 8(1), 3-17.
- Halver, J. E. (1957). Nutrition of salmonoid fishes. 4. An amino acid test for chinook salmon. *Nutrition*, 62, 245-254.
- Halver, J. E., & Hardy, R. W. (2002). *Fish nutrition*: Academic press.
- Hauler, R. C., & Carter, C. G. (2001). Reevaluation of the quantitative dietary lysine requirements of fish. *Reviews in fisheries science*, 9(3), 133-163.

- Hemmingsen, A. M. (1950). The relation of standard (basal) energy metabolism to total fresh weight of living organisms. *Rep. Steno Mem. Hosp.*, 4, 7-58.
- Hidalgo, F., & Alliot, E. (1988). Influence of water temperature on protein requirement and protein utilization in juvenile sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture*, 72(1-2), 115-129.
- Hidalgo, F., Alliot, E., & Thebault, H. (1987). Influence of water temperature on food intake, food efficiency and gross composition of juvenile sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture*, 64(3), 199-207.
- Hoar, W. S., Randall, D. J., & Donaldson, E. M. (1983). *Fish physiology*: Academic Press.
- Houlihan, D. (1991). Protein turnover in ectotherms and its relationships to energetics *Advances in comparative and environmental physiology* (pp. 1-43): Springer.
- Hureau, J., Bauchot, M., Nielsen, J., & Tortonese, E. (1986). Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean Vol. 3.
- Ibarz, A., Blasco, J., Beltrán, M., Gallardo, M., Sánchez, J., Sala, R., & Fernández-Borràs, J. (2005). Cold-induced alterations on proximate composition and fatty acid profiles of several tissues in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 249(1), 477-486.
- Ikeda, T. (1985). Metabolic rates of epipelagic marine zooplankton as a function of body mass and temperature. *Marine Biology*, 85(1), 1-11.
- Jiménez, M., Pastor, E., Grau, A., Alconchel, J., Sánchez, R., & Cárdenas, S. (2005). Revisión del cultivo de esciénidos en el mundo, con especial atención a la corvina *Argyrosomus regius* (Asso, 1801). *Boletín. Instituto Español de Oceanografía*, 21(1-4), 169-175.
- Jobling, Meløy, O., Dos Santos, J., & Christiansen, B. (1994). The compensatory growth response of the Atlantic cod: effects of nutritional history. *Aquaculture International*, 2(2), 75-90.
- Jobling, C. C. (2010). *Finfish Aquaculture Diversification* CABI, UK.
- Kaushik, S., & Blanc, D. (1980). Influence of nutritional status on the daily patterns of nitrogen excretion in the carp (*Cyprinus carpio*) and the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Reproduction Nutrition Développement*, 20(6), 1751-1765.
- Kır, M., Sunar, M. C., & Altındağ, B. C. (2017). Thermal tolerance and preferred temperature range of juvenile meagre acclimated to four temperatures. *Journal of Thermal Biology*, 65, 125-129.
- Kobayashi, M., Msangi, S., Batka, M., Vannuccini, S., Dey, M. M., & Anderson, J. L. (2015). Fish to 2030: the role and opportunity for aquaculture. *Aquaculture economics & management*, 19(3), 282-300.
- Lall, S. P. (2000). Nutrition and health of fish. *Avances en Nutrición Acuicola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuicola*, 19-22.
- Lanari, D., Poli, B. M., Ballestrazzi, R., Lupi, P., D'Agaro, E., & Mecatti, M. (1999). The effects of dietary fat and NFE levels on growing European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Growth rate, body and fillet composition, carcass traits and nutrient retention efficiency. *Aquaculture*, 179(1), 351-364.
- Lane, A., Hough, C., & Bostock, J. (2014). The long-term economic and ecologic impact of larger sustainable aquaculture.
- Lovell, T. (1989). *Nutrition and feeding of fish* (Vol. 260): Springer.
- Martinez-Llorens, S., Espert, J., Moya, J., Cerda, M. J., & Tomas-Vidal, A. (2011). Growth and nutrient efficiency of meagre (*Argyrosomus regius*, Asso1801) fed extruded diets with different protein and lipid levels. *International journal of fisheries and aquaculture*, 3(10), 195-203.
- Merella, P., Cherchi, S., Garippa, G., Fioravanti, M. L., Gustinelli, A., & Salati, F. (2009). Outbreak of *Sciaenacotyle panceri* (Monogenea) on cage-reared meagre *Argyrosomus regius* (Osteichthyes) from the western Mediterranean Sea. *Diseases of aquatic organisms*, 86(2), 169-173.

- Miegel, R., Pain, S., Van Wettere, W., Howarth, G., & Stone, D. (2010). Effect of water temperature on gut transit time, digestive enzyme activity and nutrient digestibility in yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*). *Aquaculture*, 308(3), 145-151.
- Monfort, M. C. (2010). Present market situation and prospects of meagre (*Argyrosomus regius*), as an emerging species in Mediterranean aquaculture. *Studies and Reviews-General Fisheries Commission for the Mediterranean*(89).
- Moreira, I., Peres, H., Couto, A., Enes, P., & Oliva-Teles, A. (2008). Temperature and dietary carbohydrate level effects on performance and metabolic utilisation of diets in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Aquaculture*, 274(1), 153-160.
- Morimoto Kofuji, P. Y., Hosokawa, H., & Masumoto, T. (2006). Effects of dietary supplementation with feeding stimulants on yellowtail *Seriola quinqueradiata* (Temminck & Schlegel; Carangidae) protein digestion at low water temperatures. *Aquaculture Research*, 37(4), 366-373.
- Mylonas, C. C., Fatira, E., Karkut, P., Papadaki, M., Sigelaki, I., & Duncan, N. J. (2015). Reproduction of hatchery-produced meagre *Argyrosomus regius* in captivity III. Comparison between GnRHa implants and injections on spawning kinetics and egg/larval performance parameters. *Aquaculture*, 448, 44-53.
- Mylonas, C. C., Mitrizakis, N., Papadaki, M., & Sigelaki, I. (2013). Reproduction of hatchery-produced meagre *Argyrosomus regius* in captivity I. Description of the annual reproductive cycle. *Aquaculture*, 414, 309-317.
- Naylor, R. L., Goldburg, R. J., Primavera, J. H., & Kautsky, N. (2000). Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, 405(6790), 1017.
- Oliva-Teles, A. (2012). Nutrition and health of aquaculture fish. *Journal of fish diseases*, 35(2), 83-108.
- Papadakis, I. E., Kentouri, M., Divanach, P., & Mylonas, C. C. (2013). Ontogeny of the digestive system of meagre *Argyrosomus regius* reared in a mesocosm, and quantitative changes of lipids in the liver from hatching to juvenile. *Aquaculture*, 388, 76-88.
- Parisi, G., Terova, G., Gasco, L., Piccolo, G., Roncarati, A., Moretti, V. M., . . . Pais, A. (2014). Current status and future perspectives of Italian finfish aquaculture. *Reviews in fish biology and fisheries*, 24(1), 15-73.
- Peres, H., & Oliva-Teles, A. (1999). Influence of temperature on protein utilization in juvenile European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 170(3), 337-348.
- Person-Le Ruyet, J., Mahe, K., Le Bayon, N., & Le Delliou, H. (2004). Effects of temperature on growth and metabolism in a Mediterranean population of European sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture*, 237(1), 269-280.
- Poli, B. M., Parisi, G., Zampacavallo, G., Iurzan, F., Mecatti, M., Lupi, P., & Bonelli, A. (2003). Preliminary results on quality and quality changes in reared meagre (*Argyrosomus regius*): body and fillet traits and freshness changes in refrigerated commercial-size fish. *Aquaculture International*, 11(3), 301-311. doi:10.1023/a:1024840804303
- Prista, N., Costa, J., Costa, M., & Jones, C. (2007). New methodology for studying large valuable fish in data poor situations: commercial mark-recapture of meagre *Argyrosomus regius* in the southern coast of Portugal. *Argyrosomus regius* (Asso, 1801) fishery and ecology in Portuguese waters, with reference to its relationships to other European and African populations, 57.
- Quéméner, L. (2002). Le Maigre Commun (*Argyrosomus regius*) - - Biologie, Pêche, Marché et Potentiel Aquacole. *IFREMER, Plouzané*, 31.

- Quero, J.-C., & Vayne, J.-J. (1985). Le maigre, *Argyrosomus regius* (Asso, 1801)(Pisces, Perciformes, Sciaenidae) du Golfe de Gascogne et des eaux plus septentrionales. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches maritimes*, 49(1-2), 35-66.
- Rahimnejad, S., Bang, I. C., Park, J.-Y., Sade, A., Choi, J., & Lee, S.-M. (2015). Effects of dietary protein and lipid levels on growth performance, feed utilization and body composition of juvenile hybrid grouper, *Epinephelus fuscoguttatus* × *E. lanceolatus*. *Aquaculture*, 446, 283-289.
- Robbins, K. R., Norton, H. W., & Baker, D. H. (1979). Estimation of nutrient requirements from growth data. *The Journal of nutrition*, 109(10), 1710-1714.
- Robinson, E. H., Wilson, R. P., & Poe, W. E. (1980). Re-evaluation of the lysine requirement and lysine utilization by fingerling channel catfish. *The Journal of nutrition*, 110(11), 2313-2316.
- Roo, J., Hernández-Cruz, C., Borrero, C., Schuchardt, D., & Fernández-Palacios, H. (2010). Effect of larval density and feeding sequence on meagre (*Argyrosomus regius*; Asso, 1801) larval rearing. *Aquaculture*, 302(1), 82-88.
- Saavedra, M., Candeias-Mendes, A., Castanho, S., Teixeira, B., Mendes, R., & Pousao-Ferreira, P. (2015). Amino acid profiles of meagre (*Argyrosomus regius*) larvae: Towards the formulation of an amino acid balanced diet. *Aquaculture*, 448, 315-320.
- Sadovy, Y., & Cheung, W. L. (2003). Near extinction of a highly fecund fish: the one that nearly got away. *Fish and Fisheries*, 4(1), 86-99.
- Satoh, K.-i., Kimoto, K., & Hitaka, E. (2004). Effect of water temperature on the protein digestibility of extruded pellet, single moist pellet and Oregon moist pellet in one-year-old yellowtail [*Seriola quinqueradiata*]. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries (Japan)*.
- Shabana, N. M. A., El Rahman, S. H. A., Al Absawy, M. A., & Assem, S. S. (2012). Reproductive biology of *Argyrosomus regius* (Asso, 1801) inhabiting the south eastern Mediterranean Sea, Egypt. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 38(2), 147-156.
- Shearer, K. D. (1994). Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids. *Aquaculture*, 119(1), 63-88.
- Sugiura, S. H., Dong, F. M., Rathbone, C. K., & Hardy, R. W. (1998). Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmonid feeds. *Aquaculture*, 159(3), 177-202.
- Susenbeth, A., Dickel, T., Diekenhorst, A., & Höhler, D. (1999). The effect of energy intake, genotype, and body weight on protein retention in pigs when dietary lysine is the first-limiting factor. *Journal of animal science*, 77(11), 2985-2989.
- Ternengo, S., Agostini, S., Quilichini, Y., Euzet, L., & Marchand, B. (2010). Intensive infestations of *Sciaenocotyle pancerii* (Monogenea, Microcotylidae) on *Argyrosomus regius* (Asso) under fish-farming conditions. *Journal of fish diseases*, 33(1), 89-92.
- Tixerant, G. (1974). *Contribution à l'étude de la biologie du maigre ou corbine*. (PhD), Université d'Aix Marseille.
- Toksen, E., Buchmann, K., & Bresciani, J. (2007). Occurrence of *Benedenia sciaenae* van Beneden, 1856 (Monogenea: Capsalidae) in cultured meagre (*Argyrosomus regius* Asso, 1801)(Teleost: Sciaenidae) from western Turkey. *BULLETIN-EUROPEAN ASSOCIATION OF FISH PATHOLOGISTS*, 27(6), 250.
- Trichet, V. V. (2010). Nutrition and immunity: an update. *Aquaculture Research*, 41(3), 356-372.
- Vergara, J. M., Robainà, L., Izquierdo, M., & De La Higuera, M. (1996). Protein sparing effect of lipids in diets for fingerlings of gilthead sea bream. *Fisheries Science*, 62(4), 624-628.
- Watanabe, T. (2002). Strategies for further development of aquatic feeds. *Fisheries Science*, 68(2), 242-252.

- Waterlow, J. C., Garlick, P. J., & MILL, W. (1978). *Protein turnover in mammalian tissues and in the whole body*: Elsevier/North-Holland Biomedical Press, 335 Jan van Galenstraat, PO Box 211, 1000 AE Amsterdam, The Netherlands.
- Whitehead, P., Bauchot, M., Hureau, J., Nielson, J., & Tortonese, E. (1986). Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean. Vol. I, II & III. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation: Unesco.
- Woiwode, J. G., & Adelman, I. R. (1991). Effects of temperature, photoperiod, and ration size on growth of hybrid striped bass x white bass. *Transactions of the American Fisheries Society*, 120(2), 217-229.

